

Hidrogeología del sur de Península Valdés, Chubut, Argentina


**María del Pilar Álvarez - Mario Alberto
Hernández - Andrés Bilmes**

Resumen: Se presenta la hidrogeología del sector austral (1700 km²) de Península Valdés, ubicada al noreste de Chubut, Argentina, localizado entre los paralelos 42° 32' S y 42° 53' S y los meridianos 63° 34' W y 64° 22' W. El objetivo de la presente investigación se enuncia como identificar y caracterizar las diferentes unidades hidrogeológicas, tanto superficiales como en profundidad, y definir el sistema geohidrológico local. La metodología utilizada consiste en la identificación macroscópica en campo de las unidades aflorantes, utilizando como base el mapa geológico (Haller, Monti & Meinster, 2001) y completándolo con la hidrogeología de subsuelo, interpretada a partir de los perfiles geológicos de perforaciones de exploración para aguas subterráneas, correspondiente a 14 sitios de los cuales se tienen datos de subsuelo. Se muestra en el cuerpo del trabajo, un cuadro sintético de las

características hidrogeológicas principales de todos los sondeos, así como los perfiles geológicos detallados de cada una de las 4 perforaciones realizadas en el marco de esta investigación. Finalmente, se define el perfil esquemático integrado que refleja de modo simplificado la componente física del sistema geohidrológico del área y, asimismo, se presenta un esquema en tres dimensiones en un diagrama de bloque, que permite visualizar el modelo planteado para la zona. La secuencia tipo estaría conformada por: una zona no saturada, correspondiente a los depósitos cuaternarios (con predominancia de arenas, gravas y limos); según la posición topográfica en parte de los sedimentos terciarios, un acuífero freático contenido con base en la localización espacial, en aquellos mismos depósitos o exclusivamente en las arenas de la Formación Puerto Madryn, (explotado en especial en la región), uno o más acuíferos semiconfinados/confinados, limitados por estratos arcillosos o limo-arcillosos en la misma formación o en la Formación Gaiman infrayacente (acuitardos/acuícludos) y un hidroapoyo dado por el potente espesor de sedimentos con características acuícludas de la infrayacente Formación Gaiman.

Palabras clave: hidrogeología, península Valdés, Formación Puerto Madryn.

Recibido: Marzo, 2014 / Aceptado: Julio, 2014
Publicado en línea: Agosto, 2014
© 2014

M. Álvarez • M. Hernández 
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y
Técnicas (CONICET),
Cátedra de Hidrogeología, Facultad de Ciencias
Naturales y Museo, UNLP. Calle 122 y 60 (1900). La
Plata, Argentina.
E-mail de correspondencia: Álvarez.maria@conicet.
gov.ar

A. Bilmes
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y
Técnicas (CONICET)
Centro de Investigaciones Geológicas- CONICET-
UNLP

INTRODUCCIÓN

En el presente estudio se presenta la hidrogeología de un sector localizado en el sur de la Península Valdés entre los paralelos $42^{\circ} 32' S$ y $42^{\circ} 53' S$ y los meridianos $63^{\circ} 34' W$ y $64^{\circ} 22' W$, perteneciente a la región

septentrional de la Patagonia extraandina. El área cubre una superficie de $1'700 \text{ km}^2$ y está delimitada al norte por una divisoria de aguas subterráneas, al oeste por el Golfo Nuevo y al sur y este por el Océano Atlántico (Figura 1).

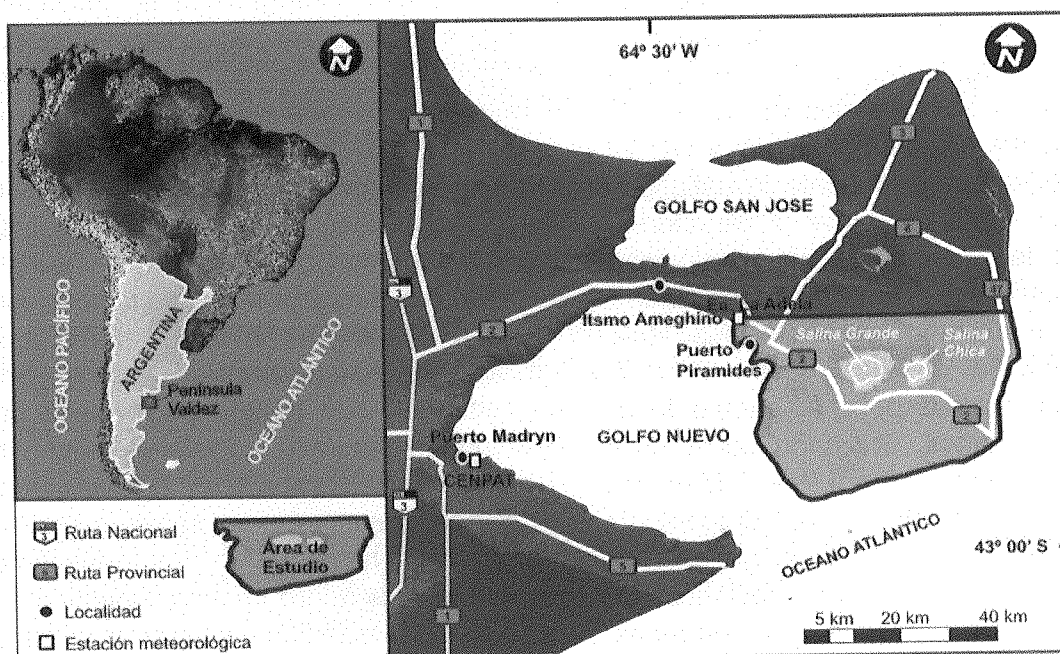


Figura 1. Mapa de ubicación.

El objetivo de la investigación consiste en identificar y caracterizar las diferentes unidades hidrogeológicas, tanto superficiales como en profundidad, y definir el sistema geohidrológico local.

Los antecedentes sobre la geohidrología de la zona datan de dos estudios realizados en la década de los ochenta, que se centraron en la búsqueda de aguas de baja salinidad (Cátedra de Hidrogeología de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de La Plata, inédito) y en el aprovisionamiento de agua a Puerto Pirámides con base en el aprovechamiento de manantiales (Stampone & Cambra, 1983).

En esta contribución se presentan nuevos datos, aportados por los relevamientos de campo y la ejecución de cuatro perforaciones de exploración que permitieron definir el

modelo geohidrológico local; información básica necesaria para todo futuro estudio aplicado en la zona.

METODOLOGÍA

Las tareas realizadas se dividen en aquellas relacionadas con la definición de la geohidrología de superficie y las vinculadas a la de subsuelo. Las primeras consistieron en la identificación macroscópica en campo de las unidades geológicas aflorantes, utilizando como base la imagen satelital LANDSAT 7 (227/90 y 227/90 del 26 de agosto de 1999), fotografías aéreas escala 1:60.000, hojas topográficas escala 1:100.000 del Instituto Geográfico Militar (IGM) y el mapa geológico escala 1:250.000 de Península Valdés (Haller *et al.*, 2001).

Para la definición de la hidrogeología de subsuelo se trabajó información inédita, proveniente de 10 perfiles litológicos de perforaciones de exploración para aguas subterráneas: cinco realizados en el año 1956 por la Compañía Argentina de Perforación de Aguas y Minas y el resto efectuados en 1983 por la Dirección de Hidráulica e Ingeniería de la provincia del Chubut. Además, se realizaron cuatro sondeos expresamente para esta investigación, practicados en noviembre-diciembre de 2008 con personal y maquinarias de la Dirección General de Obras Hídricas de la provincia del Chubut. En éstas se llevó un control de la velocidad de avance y muestreo sistemático por cada metro de perforación. Los materiales extraídos fueron analizados bajo lupa binocular con el fin de caracterizarlos litológicamente (textura, color por "Rock-color Chart Committee", 1963, mineralogía y grado de consolidación). Para la definición de los parámetros hidráulicos (K, S, T), se realizaron ensayos de bombeo de los niveles acuíferos en cuatro perforaciones seleccionadas (dos correspondientes a los sondeos realizados en esta investigación y dos preexistentes). Los ensayos fueron practicados a caudal constante, tanto en pozos de diámetro convencional como en aquellos de gran diámetro (pozos de molinos preexistentes). Los registros obtenidos durante los ensayos fueron procesados en gabinete con el software AQUIFER TEST.

Con base en el marco geomorfológico y la caracterización geológica, tanto de superficie como de subsuelo, se realizó la tipificación hidrogeológica de diferentes unidades reconocidas y mapeadas, clasificándolas en acuíferos, acuicludos y acuitardos en función de la capacidad de recibir, alojar y transmitir agua de los distintos materiales geológicos.

Características generales del área

Los rasgos generales del clima son los que caracterizan la región patagónica extraandina septentrional, modificados localmente por la interacción entre la atmósfera y la masa oceánica, de ahí el leve incremento de la humedad. Con precipitación de 234 mm

(periodo 1912-2006, Ea. La Adela, Figura 1), y una temperatura media anual de 13.4°C para el lapso 1980-2004 en la Estación Centro Nacional Patagónico CENPAT (Figura 1), el clima del área de estudio se clasifica dentro del tipo árido mesotermal.

Las características geomorfológicas se manifiestan en cuatro unidades principales (Álvarez, Weller & Hernández, 2010): 1) planicies aterrazadas (relieve plano-cóncavo), con dos niveles a diferentes cotas; 2) depresiones endorreicas pequeñas de origen eólico y grandes de origen mixto, contenedoras de cuerpos de agua salinos transitorios con cotas topográficas por debajo del nivel del mar (salinas Grande y Chica); 3) médanos y mantos arenosos, con una subunidad activa y una fija por vegetación; y 4) zona xostera con predominio de los procesos erosivos sobre los de acumulación, manifestados principalmente por acantilados (Figura 2).

La geología aflorante de la Península Valdés comprende depósitos que abarcan desde el Oligoceno Superior hasta la actualidad y ha sido estudiada por numerosos autores, entre los que se encuentran Darwin (1846), Ameghino (1890), Ihering (1907), Windhausen (1921), Rovereto (1921), Frenguelli (1926), Feruglio (1950), Cortelezzi, Salvo de y Francezco de (1968), Fidalgo y Riggi (1970), Haller (1979), Haller y Mendía (1980), Scasso y Del Río (1987), Beltramone y Meinster (1993), Brodtkorb (1999), Haller et al. (2001) y Álvarez et al. (2010).

A continuación se presenta, desde lo más antiguo a lo más moderno, la estratigrafía aflorante del área de estudio (Figura 3), con énfasis en los aspectos litológicos relevantes al momento de analizar su comportamiento hidrológico.

Formación Gaiman (Oligoceno Superior)

Esta formación está constituida por fangolita cinerítica de color claro, masiva a escasamente laminada, que intercala con aislados niveles de arenisca fina. La formación presenta abundantes bioturbaciones pero escaso contenido fosilífero tratándose de

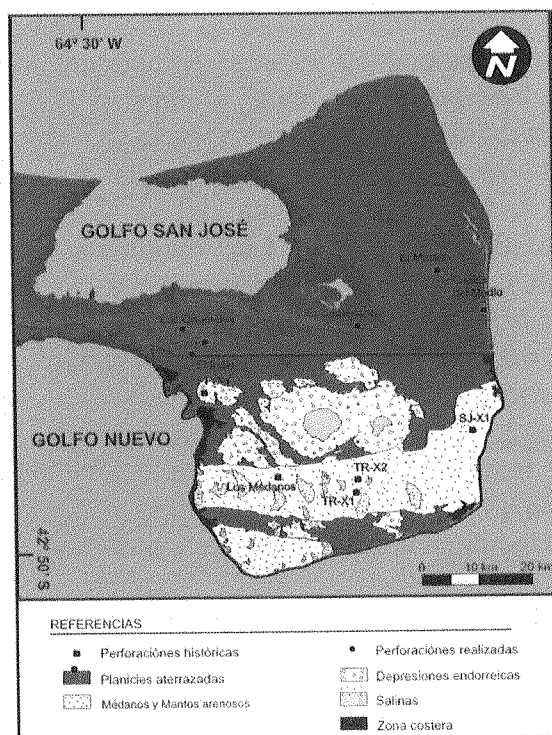


Figura 2. Mapa geomorfológico y ubicación de perforaciones.

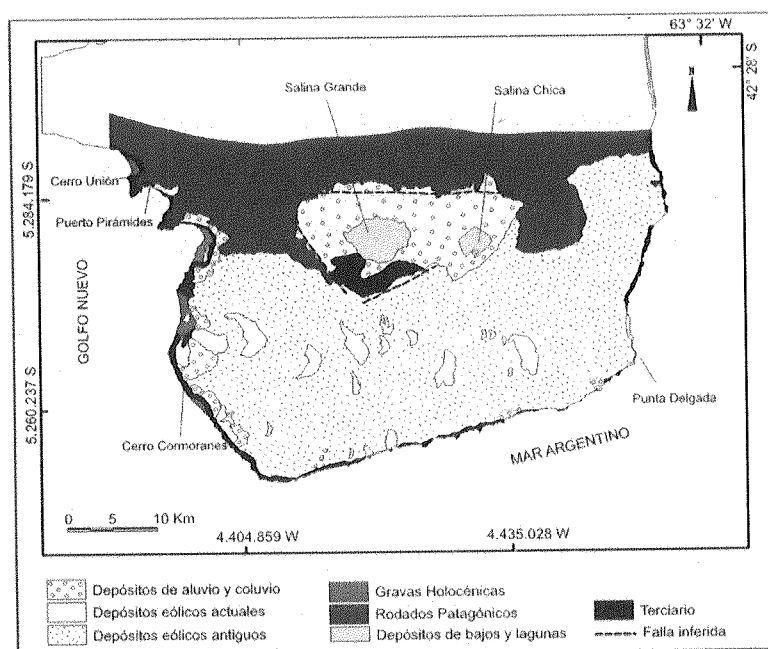


Figura 3. Mapa geológico (Modificado de Haller et al., 2001).

moldes de turrítelas, ostreas, pinnas, *Mytilus*, escasos pectínidos, decápodos y restos de vertebrados marinos (Scasso & Del Río, 1987). La base de esta unidad es desconocida en el ámbito de la península

y es cubierta mediante discordancia de erosión por la Formación Puerto Madryn (Haller et al., 2001). Si bien no se registraron afloramientos de esta unidad estrictamente en la zona de estudio, sí en otros sectores

de la península, (en las barrancas que limitan al golfo San Matías por el sur y en la zona del Istmo Ameghino). Por otro lado, la importancia de esta formación radica en que constituye el piso de la Formación Puerto Madryn, que alberga la unidad acuífera en estudio.

Formación Puerto Madryn (Mioceno)

Esta unidad fue descrita en los alrededores de la ciudad homónima (Haller, 1979) con un espesor máximo de 150 m; está constituida por arenisca fina, pelita y limolita con contenidos variables de material piroclástico, que se intercalan con aislados pero potentes niveles de coquinas que presentan matriz arenosa y limosa. La relación entre estas litologías es sumamente compleja, pues representa importantes variaciones laterales entre las mismas (Scasso & Del Río, 1987). El techo lo constituyen los Rodados Patagónicos y se apoya sobre las capas de cinerita blanquecina de la Formación Gaiman. Sus afloramientos, se encuentran principalmente, lo largo de los acantilados que rodean a la península Valdés, aunque también se presentan en la ladera sur del bajo de la Salina Grande (Figura 3).

Ambas formaciones están asignadas a depósitos desarrollados en un único ciclo sedimentario marino, subdividido en "Patagónico" (Formación Gaiman), "Entrerriense" y "Rionegrense" (Formación Puerto Madryn) (Scasso y Del Río, 1987).

Rodados Patagónicos (Plioceno superior – Pleistoceno inferior)

Estos depósitos se denominan así de acuerdo con el criterio enunciado por Fidalgo y Riggi (1970); los depósitos de grava arenosa que coronan la superficie mesetiforme más elevada que puede observarse en la península. La potencia de esta unidad alcanza los 3 m de espesor (Haller *et al.*, 2001). Están conformados por bancos de conglomerados polimícticos con clastos finos a medianos sostenidos en una matriz areno-arcillo-limosa o también llamada limos loesiformes (Frenguelli, 1926). Presentan estratificación

horizontal y entrecruzada planar difusa y se encuentran con un grado variable de cementación carbonática. El ambiente de depositación corresponde a un medio acuoso (Cortelezzi *et al.*, 1968), de alta energía, con variaciones del sistema de flujo durante el ciclo de sedimentación (Beltramone & Meinster, 1993); se apoyan en discordancia erosiva sobre las sedimentitas de la Formación Puerto Madryn y están cubiertos, en general, solo por un suelo esquelético con escasa vegetación y pequeños túmulos de material arenoso, aunque también se han localizado en zonas con cobertura arenosa importante.

Formación San Miguel (Holoceno)

Esta unidad está constituida por depósitos de gravas medianas a gruesas, acompañadas por matriz de gravilla, arena gruesa y fragmentos de bivalvos ubicados a poca altura por encima de los depósitos de playa actual (Haller & Mendía, 1980). Con ese mismo criterio asignaron a dicha formación todos los depósitos de playa y cordones litorales elevados de las márgenes de la península Valdés y de los golfos que la circundan (Haller *et al.*, 2001). Esta unidad se manifiesta, dentro del área de estudio, en forma de reducidos afloramientos a lo largo de la costa del golfo Nuevo al pie de paleoacantilados. El ámbito de depositación corresponde a un subambiente de playa de alta a mediana energía, sometidos a la acción de las olas.

Depósitos eólicos

Se desarrollan en el sector centro-sur de la zona, donde se distinguen unos depósitos poco más antiguos, colonizados por la vegetación, sobre los cuales se progresan médanos más modernos y actualmente activos. Están constituidos por arena media a fina con menor proporción de fracción pelítica y escasa de psefítica. Se cree que éstos depósitos se habrían originado a partir de la erosión eólica de los sedimentos del terciario, surgidos en los acantilados de la margen

oriental del golfo Nuevo y transportados por los vientos predominantes provenientes del sector oeste y sudoeste.

Sedimentos finos de bajos y lagunas

Las depresiones endorreicas de la península tienen sus fondos cubiertos por sedimentos muy finos (limos, limos arcillosos y arcillas). Asociados a éstos, se encuentran depósitos evaporíticos, con gran presencia en las salinas Grande y Chica. Litológicamente, están compuestos por una sucesión de capas de sal con intercalaciones de limo, cenizas volcánicas y fangos en estado de descomposición (Brodtkorb, 1999). El modelo genético está relacionado con la formación inicial de los bajos y la subsecuente afluencia de agua superficial y subterránea con contenido salino, producto del lavado de sedimentos del terciario marino.

Depósitos indiferenciados de aluvión, coluvión y de bajos y lagunas

Tales son los depósitos no consolidados de color gris claro a castaño claro, cuyo tamaño de grano corresponde a arena fina a mediana, mezclada con proporciones variables de limos, arcillas y algunos rodados dispersos (Haller et al., 2001). En el área de estudio, se localizan en las bajadas hacia el golfo Nuevo y hacia los bajos endorreicos. Son acumulaciones relativamente delgadas y tienen su origen en el material procedente de la erosión de las distintas unidades geológicas aflorantes.

RESULTADOS

En esta sección se describen las características hidrogeológicas, más específicamente las relacionadas con la capacidad de recibir, almacenar y transmitir el agua de las distintas unidades litológicas y su disposición espacial tanto de superficie como de subsuelo (hidrolitología). Antes de calificar las distintas unidades identificadas, se expone una síntesis de las perforaciones que se utilizaron para reconocer la secuencia de estas unidades en el subsuelo.

Perforaciones históricas

De los 10 perfiles históricos recopilados, cinco se encuentran dentro de la zona (Los Médanos) y los cinco restantes en la periferia: El Centenario, Casilla del Medio, El Martillo, El Indio y Los Orientales (Figura 2).

Las perforaciones Los Médanos alcanzan entre 70 y 80 m de profundidad y se encuentran distribuidas sobre la zona de médanos en un radio de menos de 0.5 km, razón por la cual se ha decidido describirlas de manera integrada. Comienzan con un nivel arenoso, en la mayoría de los casos interrumpido por una capa de rodados dentro de los primeros 5 metros y continúa, con estratos de arenas, tobas fosilíferas y arcillas típicas de la Formación Puerto Madryn. Aproximadamente a los 50 m, aparece el primer nivel acuífero productivo, constituido por una intercalación de tobas arcillosas y arenas. Prosigue, luego, una secuencia de arcillas de entre 10 y 15 m de potencia, que al llegar a los 65 m de profundidad (en uno de los sondeos después de los 75 m), delimita el techo del segundo nivel acuífero, constituido por arenas fosilíferas y tobas. Los registros de las perforaciones finalizan por debajo de este último después de atravesar entre 2 y 3 m de arcillas.

Las cinco perforaciones externas al área resultaron muy útiles desde el punto de vista del marco hidrogeológico regional, ya que superan los 150 m de extensión vertical, la más desarrollada alcanza los 674 m bajo boca de pozo (bbp), de modo que permite obtener un conocimiento más acabado del sistema en profundidad.

Dos de ellas, El Indio y Los Orientales, se ubican al norte de Puerto Pirámides, sobre la zona del Istmo Florentino Ameghino. La primera inicia con un nivel de 6 m de conglomerados, continúa más tarde con arcillas e intercalaciones de arenas hasta alcanzar el primer nivel acuífero, entre los 63-72 m, constituido éste por una intercalación de pelitas y psamitas fosilíferas. Se sucede, en adelante, una secuencia de arcillas y esporádicos bancos de arenas y conchillas,

hasta llegar al segundo nivel acuífero, ubicado de los 216 a 245 m, conformado por una intercalación de arenas y arcillas. El registro finaliza a los 249 m, luego de atravesar 4 m de arcillas. La segunda perforación, Los Orientales, muestra de 0 a 44 m una intercalación de arcillas y arenas con predominancia de las primeras. Hacia el final del tramo, el terreno se vuelve más arenoso y da lugar al primer nivel acuífero que llega hasta los 50 m de profundidad. Luego, inicia un tramo con predominancia arcillosa que se prolonga hasta los 75 m y delimita el techo de un nivel de arenas que constituye el segundo nivel acuífero y se extiende hasta los 105 m de profundidad. Por debajo, la secuencia está constituida por arcillas y arcillas arenosas dispuestas de forma alternada hasta los 345 m, donde termina la perforación.

Las otras tres perforaciones (El Centenario, Casilla del Medio y El Martillo) se ubican al norte de la zona de estudio y en las inmediaciones de la Caleta Valdés (Figura 2).

El registro del sondeo El Centenario alcanza los 150 m bbp. Los primeros 20 m están representados por intercalaciones de arenas, conglomerados y arcillas. Estas últimas aumentan su participación en profundidad al marcar los 36 m bbp el techo del primer nivel acuífero, constituido por arenas de hasta 3 m de espesor. Su piso lo definen, a los 39 m, arcillas y tobas que se prolongan hasta los 144 m. Entre los 144 y los 148 m se identificó el segundo nivel acuífero, contenido en arenas limosas fosilíferas. Seguidamente, el perfil termina con 2 m de arcillas.

La perforación Casilla del Medio, con sus 674 m representa el sondeo más profundo realizado en la historia de las exploraciones para aguas de la península Valdés. La columna empieza con intercalaciones de arenas y arcillas, que entre los 35 y 37 m se manifiestan más arenosas y conforman el primer nivel acuífero. Continúan arenas, arcillas y arcillas tobáceas hasta los 172 m, donde se atraviesa un estrato de 3 m de arenas limosas fosilíferas que contienen el segundo nivel acuífero. Desde los 175 m hasta que termina la perforación, el registro

litológico está compuesto por arcillas y arcillas tobáceas.

Por último, el sondeo El Martillo, de 255 m de profundidad, atraviesa 50 m de conglomerados y niveles arenosos hasta alcanzar las arenas fosilíferas que contienen el único nivel acuífero registrado. Por debajo continúan arcillas hasta los 102 m, luego un nivel de 4 m de arenas conglomeradas y arcillas y hasta culminar al final con arcillas y arcillas arenosas.

Perforaciones realizadas en el marco de esta investigación

Con el propósito de completar los datos hidrogeológicos del subsuelo, se seleccionaron cuatro puntos cuya la información era escasa, procurando además elegir aquellos donde las posibilidades de encontrar agua en calidad y cantidad fueran mayores. Los parámetros de elección fueron, en el caso de los sondeos SJ-X1, TR-X1 y TR-X2, la geomorfología y los mapas hidrodinámicos e hidroquímicos (Álvarez *et al.*, 2010). Para el pozo PP-X1 se priorizó la cercanía a la localidad de Puerto Pirámides.

El sondeo SJ-X1 (Figura 4), se ubica en el límite noreste de la unidad geomorfológica Médanos y Mantos Arenosos, casi en el límite con las Planicies Aterrazadas. Alcanza una profundidad de 56 m bbp y se caracteriza, en líneas generales, por una intercalación de pelitas cineríticas y psamitas finas tobáceas. Se identificaron dos niveles acuíferos, el primero constituido por arenas gruesas, no productivo, ubicado entre los 22 y los 27 m bbp, y el segundo, productivo, conformado por una intercalación de arenas y tobas cuyo nivel estático se midió a los 46 m bbp.

La perforación TR-X1 (Figura 5) se localizó en el centro de la unidad Médanos y Mantos Arenosos, en las inmediaciones de los médanos activos. Alcanzó solo 11 m de profundidad y se suspendió por problemas logísticos de acceso al sitio, no habiéndose registrado ningún nivel acuífero. Como puede verse en el perfil, la secuencia tiene mayor contenido de arenas que la SJ-X1 y no se presentan niveles tobáceos.

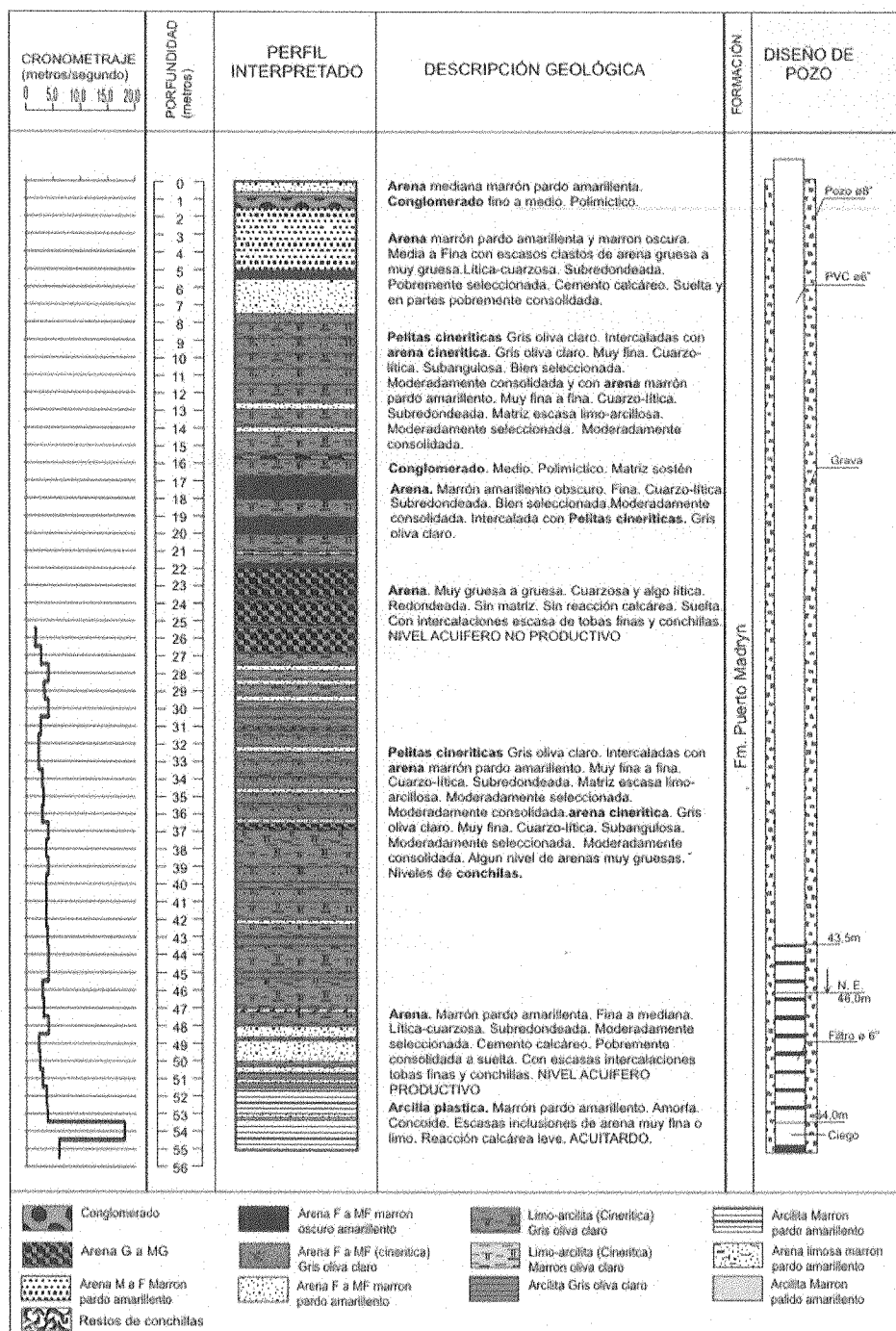


Figura 4. Perfil de la perforación SJ-X1.

A causa de la suspensión de la perforación TR-X1, la TR-X2 (Figura 6) se emplazó en un área cercana dentro de la misma unidad geomorfológica. Al igual que la anterior, muestra un perfil que en líneas generales contiene un porcentaje arenoso mayor que el del SJ-X1, dominan las intercalaciones de psamitas con coquinas y

limolitas subordinadas. Fue identificado un nivel acuífero productivo entre los 29 y los 42 m bbb, constituido por arenas fosilíferas por debajo del cual se desarrollan arcillas plásticas que hacen de piso.

El perfil de PP-X1 (Figura 7) se ubica en la zona medanosa más cercana a Puerto Pirámides, aunque cabe aclarar que su

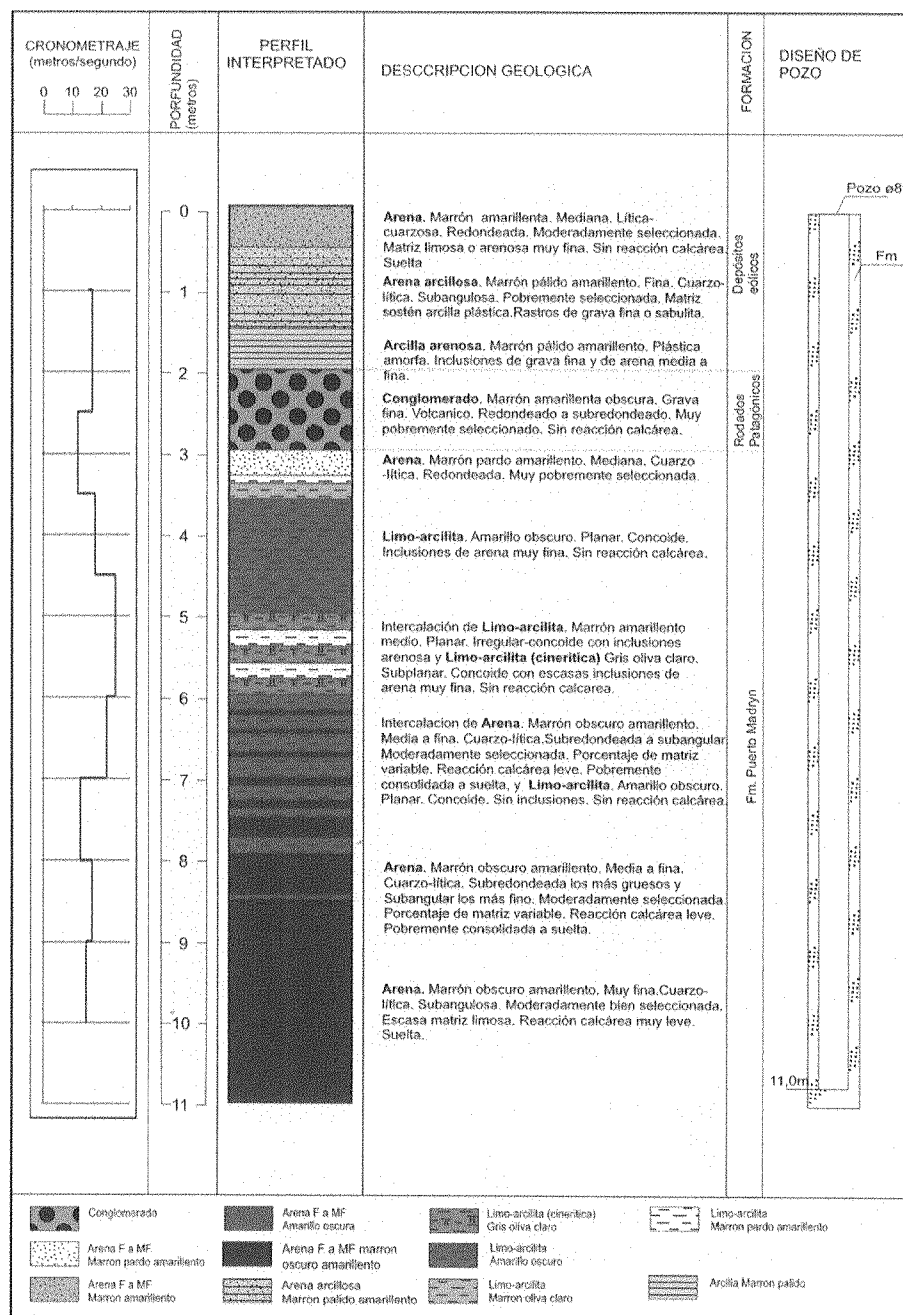


Figura 5. Perfil de la perforación TR-X1.

extensión no llega a tener dimensiones equiparables a la Unidad Médanos y Mantos arenosos, los cuales se caracterizan el sector más austral del área, con la desventaja que ello implica frente a las posibilidades de recarga efectiva. El perfil muestra, en general, un contenido de arcilla mayor al de los tres sondeos anteriores, caracterizado por una intercalación de limo-arcillitas con arenas limosas de matriz arcillosa. Si bien aparecen

manifestaciones aisladas de conglomerados y arenas conglomerádicas, en ninguna se pudo medir un nivel saturado, probablemente debido a la impermeabilización de las paredes de la perforación, dada la alta cantidad de arcilla y matrix arcillosa en los sedimentos atravesados. A los 58 m bbbp, luego de atravesar 4 m de limo-arcillitas y un metro de arcillas plásticas, se puso fin a la perforación puesto que de encontrarse un nivel acuífero

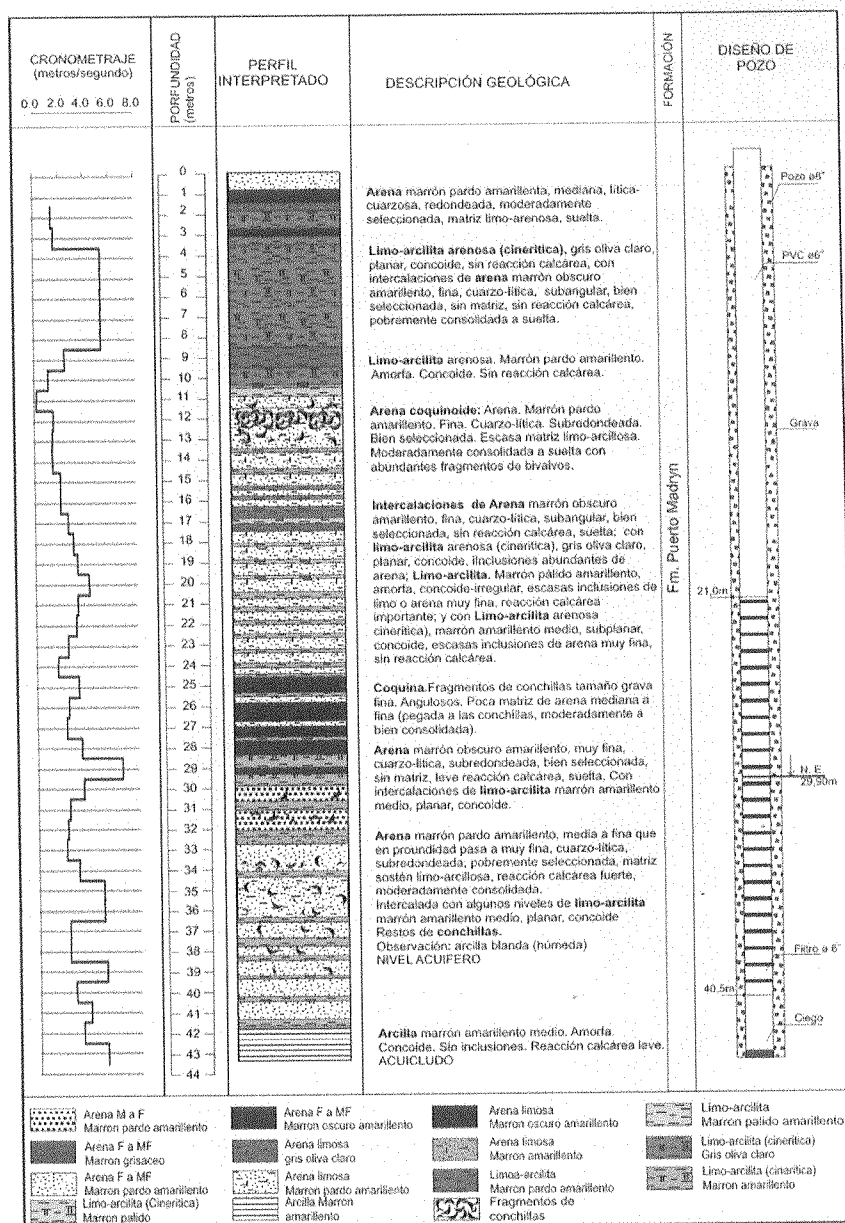


Figura 6. Perfil de la perforación TR-X2.

más profundo sería, dada la cercanía al mar, de características salobres a salinas.

De la interpretación de los perfiles descritos, pueden resumirse hasta este punto los siguientes tópicos, en relación con la distribución y comportamiento hidrogeológico de las distintas unidades geológicas del subsuelo:

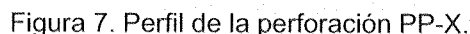
-Los depósitos cuaternarios ocupan una pequeña fracción de la columna sedimentaria.

-El manto de Rodados Patagónicos se extiende por debajo de los depósitos eólicos

cuaternarios y lo hace con espesores muy variables, fluctuantes entre 6 m y 0 m.

-La Formación Puerto Madryn está presente en profundidad en toda el área de estudio y contiene al menos un nivel acuífero productivo.

-Los niveles acuíferos contenidos dentro de la Formación Puerto Madryn se encuentran en sedimentos arenosos que, en general, son de granulometría media a fina, presentan algún porcentaje de contenido fosilífero y se interstratifican con arcillas o tobas arcillosas.



A continuación, se muestra un cuadro síntesis (Tabla 1) de los datos más

19

Tabla 1. Cuadro síntesis de los perfiles hidrogeológicos.

	Los medanos	El Indio	Los Orientales	El Centenario	Casilla del medio	El Martillo	SJ-X1	TR-X2	TR-X2	PP-X1	POZO 141
Prof. Total (m)	90	249	345	150	674	255	56	11	44	58	16
1° nivel acuifero (mbbp)	45-50	63-75	44-50	36-39	35-37	50-54	48-54	---	29-40	---	13-16
Litología	Int. Tb-arci. y arenas	Int. Arc- areno, ostreas y Ar.	Int. arenas y Arc.	Ar-fr gris oscura con fósiles	Ar-fr gris oscura	Int. arena parda fossilif. y Arc.	Arenas	---	Arenas finas	---	Arenas
Fm. del 1° nivel acuifero	Puerto Madryn	Puerto Madryn	Puerto Madryn	Puerto Madryn	Puerto Madryn	Puerto Madryn	Puerto Madryn	---	Puerto Madryn	---	Dep. eólicos
Caudal (l/h)	---	---	---	---	3000	1200	2200	---	1500	---	6000
K (m/día)	---	---	---	---	---	---	4,99 x 10 ⁻¹	---	4,08 x 10 ⁻²	---	24,99
2° nivel acuifero (mbbp)	65-68	216-245	75-105	144-148	172-175	---	---	---	---	---	---
Litología	Arena con fósiles	Int. Arc- areno con Ar.	Ar. gris oscura	Arenas limosas fossilif.	Arenas limosas fossilif.	---	---	---	---	---	---
Fm. del 2° nivel acuifero	Puerto Madryn	Gaiman	Puerto Madryn	Puerto Madryn?	Puerto Madryn?	---	---	---	---	---	---
Caudal (l/h)	4200	1500	1800	---	---	---	---	---	---	---	---
K (m/día)	2,75	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Int.: intercalación, Tb-arci: tobas arcillosas, Ar: areniscas, Ar-fr: arenisca friable, Arc-areno: arcillas arenosas, Fossilif.: fosilíferas.

Cabe aclarar en este punto que, si bien se posee información de 14 sondeos exploratorios, no fue posible ensayarlos todos por tratarse de pozos antiguos que actualmente no se encuentran en condiciones. Otro aspecto a mencionar es que los ensayos realizados en el nivel más somero (depósitos eólicos) tuvieron que realizarse en un pozo de gran diámetro (1.2 m), único tipo disponible para ese nivel, con la incertidumbre que ello acarrea por alejarse de la condición Theisiana.

La tipificación hidrolitológica está ordenada en función de la permeabilidad de la formación, yendo de mayor a menor y finalizando, en concordancia con este criterio, con aquellas características acuícludas, puesto que no se han registrado materiales con comportamiento acuífugo. Es necesario resaltar que se trata, en todos los casos, de acuíferos en medio poroso, no

se identificaron para la zona otros en medio fisurado, al menos en la secuencia conocida.

Acuíferos de alta permeabilidad

Se incluyen dentro de esta categoría los depósitos eólicos cuaternarios y la Formación San Miguel. Los primeros cubren aproximadamente 700 km², representan 40% del área de estudio. Dichas particularidades aunadas a sus características litológicas (arenas de granulometría media a fina, bien seleccionadas y no consolidadas), los convierte en la unidad hidrológicamente más importante respecto a las posibilidades de infiltración efectiva, en el marco del clima árido dominante en la región.

Se han registrado en interdunas ubicadas dentro de la franja medanosa principal, ojos de agua (manantiales) con vegetación indicativa de niveles saturados permanentes que testifican el comportamiento acuífero

de la unidad. Por desgracia, estos depósitos ocupan solo la delgada franja superior del perfil y su espesor reducido y variable es una limitante al momento de considerar su potencialidad como huésped de niveles acuíferos productivos.

Dentro de los sedimentos eólicos cuaternarios, también se hallan los médanos costeros que, si bien presentan una alta permeabilidad, son muy escasos y de dimensiones poco significativas en el marco regional; no obstante, son importantes a nivel local, ya que albergan reservas de agua de posición somera (2-3 m de profundidad) y relativamente buena calidad en un marco de aguas salobres.

Los depósitos de la Formación San Miguel conforman una unidad de reducidas dimensiones, distribución local y restringida a la franja litoral, comprendida entre la playa y los acantilados; no alcanzan a cubrir 1% del total del área. Dicha unidad está compuesta por sedimentos no consolidados de clastos psefíticos, redondeados y con matriz de gravilla, arena gruesa y fragmentos de bivalvos. Estas características indudablemente permiten clasificarla como un acuífero de alta permeabilidad. La profundidad de los niveles freáticos medidos en esta unidad fue siempre menor a 6 m.

Acuíferos de permeabilidad media a baja

Bajo esta calificación se encuentran agrupados los depósitos indiferenciados de aluvión, coluvión, de bajos y lagunas, los Rodados Patagónicos y la Formación Puerto Madryn. Los primeros cubren a modo de delgada lámina las márgenes de los bajos endorreicos y las bajadas al mar; ocupan una superficie de que representa, aproximadamente, 12% del área total. De naturaleza granulométrica heterogénea, constituidos por gravas, arenas y limos, es esperable que reflejen idéntica variabilidad en la porosidad efectiva. Dado que no se han encontrado niveles saturados que permitan estimar su permeabilidad, se optó, bajo un

criterio conservador, por incluirlos dentro de este grupo.

Los Rodados Patagónicos aflorantes ocupan una superficie relativamente importante, alcanzan hasta 35% del sector y no llegan a superar los 3 m de potencia. De forma granulométrico, están constituidos principalmente por gravas de 1.5 cm de diámetro, con una fábrica variable desde clasto sostén a matriz sostén, esta última de características areno-arcillo-limosas. Esta anisotropía, tanto en sentido vertical como horizontal, como así también la que presentan respecto al grado de cementación, generan una cierta incertidumbre acerca de la porosidad efectiva y de la potencialidad acuífera que pudiesen tener. Puesto que no se ha podido localizar un nivel saturado que permita atribuirles un cierto valor de permeabilidad, y debido a que se han verificado en muchos casos porcentajes importantes de la fracción fina y sectores cementados, además del reducido espesor de esta unidad, se procedió a incluirlos dentro de la clase hidrolitológica de media/baja permeabilidad.

Respecto a la Formación Puerto Madryn, si bien no tiene una expresión aflorante relevante, ya que no alcanza 4% del área, posee un relevante desarrollo en profundidad. Se halla compuesta por una asociación de facies, donde se intercalan distintas litologías, que en líneas generales son arenas, coquinas, pelitas y pelitas cineríticas; ahí el porcentaje variable de la fracción fina se ve reflejado en el rango de valores de permeabilidad obtenido en los ensayos practicados en esta unidad. Sobre los afloramientos de esta formación, en la margen sur de la salina Grande se identificaron niveles saturados, a partir de los cuales se originaban manantiales de tipo difuso o "mallines", manifestados por anegamientos y cambios rotundos en el tipo de vegetación (Álvarez, Weiler & Hernández, 2008), situación que se repite de manera similar sobre los acantilados costeros, donde se localizaron "chorrillos", niveles húmedos y cambios en la vegetación.

Acuitardos

Dentro de esta categoría se ubican tanto los sedimentos finos de la Formación Puerto Madryn, como los de la Formación Gaiman. La primera posee en sus distintas facies niveles pelíticos de variados espesores, que van desde delgadas intercalaciones entre bancos de arenas a estratos con más de un metro de potencia. Estas porciones pelíticas del perfil son interpretadas como de comportamiento acuitardo. Para el caso de la Formación Gaiman, formada principalmente por material fino, se espera que sus características físicas sean mucho más homogéneas y, exceptuando los limitados niveles psamíticos, se consideraría por excelencia la unidad acuitarda del perfil.

Acuícludos

Se incluyen dentro de esta categoría ciertos depósitos cuaternarios de bajos y lagunas,

además de los niveles más arcillosos de la Formación Gaiman. Los primeros, constituidos por limos, arcillas y evaporitas, representan una unidad de dimensiones aflorantes reducidas no llegan a alcanzar 4% del área analizada; no obstante su limitada manifestación, conforman la principal área de descarga interna del sistema. Respecto a la formación terciaria, se interpreta a partir de los perfiles de antiguas perforaciones que los niveles más potentes de arcillas plásticas actuarían realmente como acuícludos.

Con base en la descripción de las unidades aflorantes y las evidencias aportadas por los perfiles de perforación, se presenta a continuación y a modo de síntesis de lo hasta aquí expuesto, un diagrama esquemático en tres dimensiones del sistema geohidrológico reconocido (Figura 8). La sección mostrada corresponde a un corte de rumbo suroeste-noreste desde el Golfo Nuevo hasta la Salina Grande.

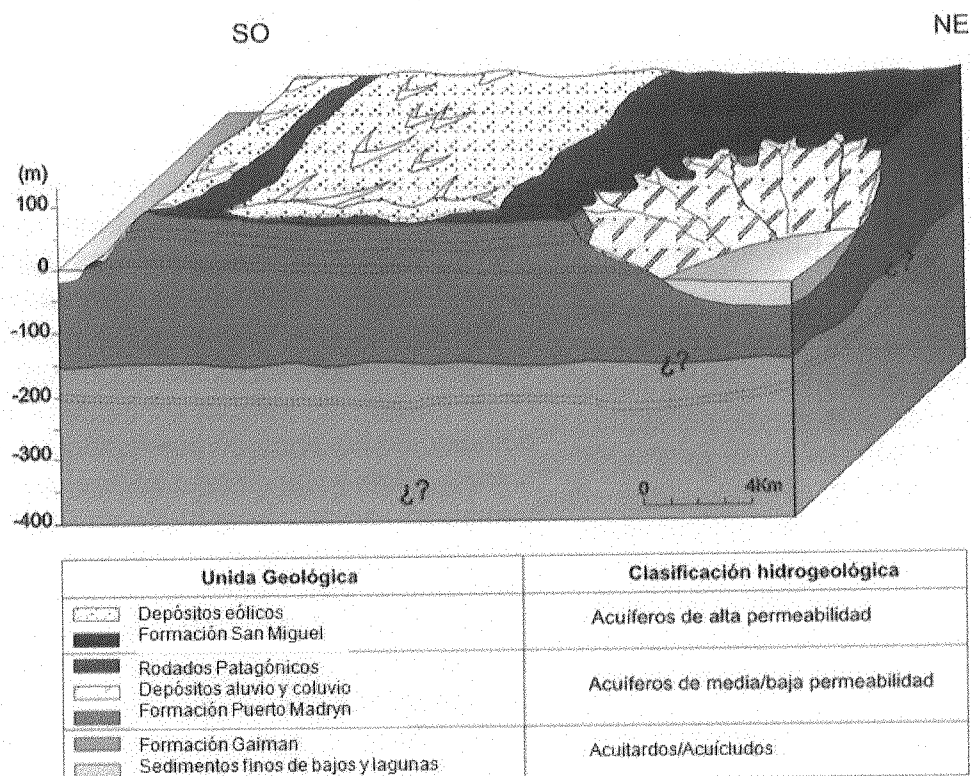


Figura 8. Diagrama de bloque esquemático de la disposición espacial de las unidades geológicas y sus atributos hidrogeológicos.

CONCLUSIONES

Más de 95% de la superficie total abarcada se encuentra cubierta por unidades hidrogeológicas capaces de recibir, alojar y transmitir agua (acuíferos de alta, media y baja permeabilidad). Dentro de las unidades aflorantes, dominan los acuíferos de alta permeabilidad, las cuales representan un escenario ideal para la infiltración efectiva. Solo 4% de la comarca en estudio se encuentra cubierta por sedimentos de características acuícludas.

Respecto a la conformación del sistema geohidrológico, se concluye que estaría integrado por: 1) una Zona No Saturada (ZNS), correspondiente a los depósitos cuaternarios (predominantemente arenas, gravas y limos) y según la posición topográfica, parte de los sedimentos terciarios, 2) un acuífero freático contenido, según la posición espacial, en estos mismos depósitos o exclusivamente en las arenas de la Formación Puerto Madryn, (explotado en mayor medida en la región), 3) uno o más acuíferos semiconfinados/ confinados, limitados por estratos arcillosos o limo-arcillosos en la misma formación o en la Formación Gaiman infrayacente (acuitardos/ acuícludos), 4) un hidroapoyo dado por el potente espesor de sedimentos con características acuícludas de la infrayacente Formación Gaiman.

REFERENCIAS

- Álvarez, M. D., Weiler, N. E. & Hernández, M. A. (2008). Geohidrología de humedales próximos a la costa con cota bajo el nivel del mar. *Península Valdés. Argentina. Revista Latino-Americana de Hidrogeología*, 6, pp. 35-42.
- Álvarez, M., Weiler, N. E. & Hernández, M. A. (2010). Linking geomorphology and hydrodynamics: a case study from Península Valdés, Patagonia, Argentina. *Hydrogeology Journal*. 18 (2), pp. 473-486.
- Ameghino, C. (1980). Exploraciones geológicas en Patagonia. 11 (1), pp. 3-46.
- Beltramone, C. & Meinster, C. (1993). Paleocorrientes de los Rodados Patagónicos. Tramo Comodoro Rivadavia-Trelew. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 47 (2), pp. 147-152.
- Brodtkorb, A. (1999). Salinas Grande y Chica de la Península Valdés. En *Recursos Minerales de la República Argentina*. Buenos Aires. SEGEMAR.
- Cortelezzi, C. R., Salvo de, O. & Francezco de, F. (1968). Estudio de las gravas Tehuelches en la región comprendida entre el río Colorado y el río Negro desde la costa atlántica hasta la cordillera. En *Terceras Jornadas Geológicas Argentinas*. Actas, 3, pp. 123-145. Buenos Aires.
- Darwin, C. (1846). *Geological observations on South America. Being the third part of the geology of the voyage of the Beagle, under the command of Capt. Fitzroy*. R.N. Smith, Elder and Co. Londres.
- Feruglio, E. (1950). Descripción Geológica de la Patagonia. Dirección General de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Ministerio de Industria y Comercio de La Nación, vol. 3, pp. 1-431, Buenos Aires.
- Fidalgo, F. & Riggi, J. C. (1970). Consideraciones geomórficas y sedimentológicas sobre los Rodados Patagónicos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 4 (35), pp. 430-443.
- Frenguelli, J. (1926). Apuntes sobre el cuaternario de los alrededores del Golfo Nuevo en el Chubut. *Anales de la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos*. 2 (2), pp. 241-255.
- Haller, M. J. (1979). Estratigrafía del sector al poniente de Puerto Madryn, provincia del Chubut, República Argentina. En *VII Congreso Geológico Argentino*, Actas, vol. 1, pp. 285-297. Buenos Aires.
- Haller, M. J. & Mendía, J. E. (1980). Las sedimentitas del ciclo Patagoniano en el litoral atlántico norpatagónico. Estratigrafía del Terciario en el valle inferior del río Chubut. En J. E. Mendía & A. Bayarsky (Ed.). *Actas IX Congreso Geológico Argentino*. vol. 3, pp. 93-606. Buenos Aires.

- Haller, M., Monti, A. & Meinster, C. (2001). Hoja Geológica 4366-1 Península Valdés. Boletín No. 266. Buenos Aires: Servicio Geológico Minero Argentino.
- Ihering, H. V. (1907). Les mollusques fossiles du Tertiaire et du Cretacé superieur de Argentine. Anales, 3 (7).
- Rock-Color Chart Committee. (1963). Rock-Color Chart. Geological Society of America, New York.
- Rovereto, G. (1921). Studi di geomorfologia argentina. Boll Soc Geol Ital, 30.
- Scasso, R. & Del Río, C. (1987). Ambiente de sedimentación, estratigrafía y procedencia de la secuencia marina del Terciario Superior de la región de Península Valdes, Chubut. Revista de la Asociación Geológica Argentina, v. 3-4 (42), pp. 291-321.
- Stampone, J. & Cambra, H. (1983). Estudio hidrogeológico del área Sur de Península Valdés. En XI Congreso Nacional del agua, Actas, pp. 139-171. Córdoba.
- Windhausen, A. (1921). Informe de un viaje de reconocimiento geológico en la parte Noreste del territorio del Chubut con referencia especial a la provisión de agua de Puerto Madryn. Con un estudio petrográfico de algunas rocas por R. Beder. Boletín, B (24).